Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 1, Spring. 2020, p. 61-70

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۷۰-۶۱

بررسی مصرف فسفر و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد علوفه و بذر در دو اکوتیپ یونجه

مسعود ترابی[1]، محسن حیدری سلطان آبادی[2*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۶
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۳

چکیده

در تحقیقی سه ساله (۱۳۹۳-۱۳۹۰) اثرات مصرف تلفیقی عناصر فسفر و ریزمغذی (حاوی آهن، منگنز، مس و روی) بر خصوصیات کمی و کیفی بذر و علوفه تولیدی دو اکوتیپ یونجه همدانی و رهنانی، در ایستگاه تحقیقات گلپایگان مورد مطالعه قرار گرفتند. به این منظور از طرح آماری کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده گردید که در آن دو اکوتیپ یونجه رهنانی و همدانی به‌عنوان عامل اصلی و تلفیق میزان مصرف کودهای فسفر در سه سطح صفر، ۶۵ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار در دو حالت محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی به‌عنوان عامل فرعی به‌صورت تیمار مرکب بررسی گردید. بر اساس نتایج، میانگین عملکرد علوفه تر و بذر در اکوتیپ‌های همدانی و رهنانی بدون اختلاف معنی‌دار به‌ترتیب ۳۵/۴۰ و ۳۴/۷۷ تن در هکتار و ۴۹۸ و ۴۸۷ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. سال اثر معنی‌داری بر عملکرد علوفه تر و خشک، میزان بذر تولیدی و وزن هزار دانه داشت به‌گونه‌ای که حداقل و حداکثر صفات یاد شده به‌ترتیب مربوط به سال اول و دوم بود. بیشترین مقدار علوفه تر تولیدی با مقدار ۴۵/۴۲ تن در هکتار، بیشترین میزان بذر تولیدی با مقدار ۶۸۹ کیلوگرم در هکتار و بیشترین درصد جوانه‌زنی بذر با میزان ۹۵/۱۲ درصد در تیمار کودی ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر همراه با محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی حاصل شد. مقادیر یاد شده در تیمار شاهد (بدون کود فسفر و عدم محلول پاشی عناصر ریزمغذی) دارای حداقل مقدار بود.

واژه‌های کلیدی: اکوتیپ رهنانی، اکوتیپ همدانی، درصد جوانه‌زنی، کود، وزن هزار دانه

مقدمه

یونجه با نام علمی *Medicago sativa* L. یک لگوم چند ساله است که به علت مقاومت به خشکی، قدرت سازگاری بالا، طول عمر زیاد، پروتئین بالا، قابلیت تبدیل به پودر و قرص (پلیت) یونجه، استفاده به‌صورت تر و خشک توسط دام‌ها، چرای مستقیم و اثر آن بر حاصلخیزی خاک‌های ضعیف، یکی از ارزشمندترین و مهمترین گیاهان علوفه‌ای به‌شمار می‌آید (Dordas, 2006). یکی از عوامل محدودکننده کشت و توسعه این گیاه، عدم دسترسی به بذر سالم و مرغوب می‌باشد. در صورتی که عواملی مانند اقلیم مناسب شامل روزهای بلند آفتابی، درجه حرارت مناسب در فصل بهار و آخر تابستان جهت گرده‌افشانی، بومی بودن محصول و وجود دانش فنی بذرگیری در بین کشاورزان مهیا گردد، می‌توان امر تولید بذر را به نحو مناسبی جامه عمل پوشاند و حداکثر عملکرد کمی و کیفی را از نظر تولید علوفه و بذر انتظار داشت (Torabi, 2001). امروزه تغذیه متعادل گیاهان برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد کمی و کیفی امری مهم به‌شمار می‌رود به‌گونه‌ای که به‌کارگیری مقادیر مفید و مناسب کودهای شیمیایی در افزایش حاصلخیزی خاک و به تبع آن افزایش بازده محصولات کشاورزی ضروری گردیده است. خاک‌های آهکی ظرفیت بالایی برای تثبیت عناصر غذایی از قبیل فسفر و عناصر کم مصرف به‌ویژه آهن و روی دارند (Malakouti *et al.*, 2005). در تولید گیاه یونجه نیز تغذیه مطلوب از عوامل کلیدی در رشد و نمو محصول بوده و تاثیر مستقیمی بر عملکرد علوفه و بذر دارد (Hall *et al.*, 2004). فسفر یکی از مواد مورد نیاز یونجه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است، گرچه جذب محصول برای مواد مغذی دیگر مانند نیتروژن، پتاسیم و کلسیم بسیار بیشتر است (Ottman, 2010). طبق گزارش‌ها به ازای هر تن تولید علوفه یونجه ۰/۲ تا ۰/۵ درصد فسفر و ۱ تا ۲ درصد پتاسیم از خاک جذب می‌شود که باید جایگزین شود (Mullen *et al.*, 2000). بررسی‌ها نشان داده گیاه یونجه به شدت به عنصر فسفر نیازمند است به‌گونه‌ای که یکی از مهمترین عوامل محدودکننده رشد این گیاه در خاک‌های کلرادو محسوب گردید (Davis *et al.*, 2005). رفتار فسفر در خاک‌های آهکی پیچیده است و فسفر محلول می‌تواند به‌دلیل وجود کلسیم بالا در محلول خاک تولید فسفات‌های کم محلول نموده و به‌تدریج از دسترس گیاه خارج

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی - باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mheisol@gmail.com)
DOI: 10.22067/gsc.v18i1.77497

گردد. لذا تأمین فسفر مورد نیاز یونجه در خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Torabi, 2001).

در تحقیقی اثر روش‌های متفاوت تخصیص کود فسفر بر عملکرد یونجه بررسی گردید. نتایج نشان داد که در برداشت سال اول، بیشترین عملکرد در تخصیص ۲۷۲ کیلوگرم کود فسفر به‌صورت یک‌جا دیده شد. همچنین متوسط عملکرد شش سال یونجه نشان داد که تخصیص ۲ سال یک‌بار ۹۰ کیلوگرم فسفر بیشترین عملکرد علوفه را به همراه داشت. دیگر نتیجه حاکی از آن بود که قرار دادن کود فسفر در عمق ۱۵/۲۵ سانتی‌متر خاک نسبت به روش پخشی باعث افزایش ۴۰ درصدی عملکرد گردید (Mullen *et al.*, 2000). در پژوهشی تاثیر مصرف سه میزان صفر، ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در سال، در سه روش گرده‌افشانی آزاد، گرده‌افشانی به‌وسیله زنبور عسل و بدون گرده‌افشانی بر عملکرد بذر تولیدی یونجه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تمامی صفات رشد رویشی در گرده‌افشانی بدون حشره (آزاد) نسبت به گرده‌افشانی با زنبور عسل و بدون گرده‌افشانی بیشتر بود. همچنین با افزایش سطوح کود فسفر از صفر به ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در سال، وزن هزار دانه به‌ترتیب ۱/۶۷ و ۲/۴۴ برابر و عملکرد بذر در واحد سطح به‌ترتیب ۱/۲۵ و ۱/۶ برابر افزایش یافت (Al-Kahtani *et al.*, 2017). در مطالعه دیگری تاثیر دو عمق کودگذاری ۷ تا ۸ و ۱۵ تا ۱۶ سانتی‌متری، دو زمان کوددهی سالیانه و هر سه سال، و سه مقدار کوددهی شامل ۱۵، ۳۰ و ۴۵ کیلوگرم کود فسفر بر عملکرد تولید بذر یونجه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش میزان کود مصرفی در روش کوددهی سالیانه، عملکرد بذر افزایش یافت. در کوددهی هر سه سال، کاربرد ۴۵ کیلوگرم کود فسفات مناسب‌تر از ۱۵ کیلوگرم کود در هر سال بود. عمق قراردهی کود تاثیری بر میزان عملکرد بذر نداشت (Zhang *et al.*, 2014). در تحقیقی تاثیر مصرف کودهای فسفر در چهار مقدار صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار و پتاسیم در پنج مقدار صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار بر عملکرد و اجزای عملکرد علوفه یونجه به مدت ۳ سال مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که به‌طور کلی افزودن کود موجب افزایش عملکرد گردید (Berg *et al.*, 2005). در تحقیقی کود فسفر در مقادیر صفر، ۸۰، ۱۶۰ و ۳۲۰ کیلوگرم در هکتار در زراعت یونجه استفاده و اثر بر عملکرد یونجه بررسی گردید. نتایج نشان داد که طی مدت ۱۰ سال با افزایش مصرف کود فسفر، عملکرد در واحد سطح یونجه نیز افزایش یافت (Moyer, 1992). نتایج بررسی اثر مقادیر مختلف کود فسفر، به‌کارگیری باکتری‌های تسهیل‌کننده جذب فسفر و مقادیر مختلف بذر مصرفی بر کیفیت بذر تولیدی یونجه نشان داد که برای تولید بذر یونجه با بنیه بالا استفاده از ۶ کیلوگرم در هکتار بذر و مقدار ۳۰ کیلوگرم در هکتار کود به همراه باکتری تسهیل‌کننده فسفر با سویه شماره ۴۱ نتایج مطلوبی به دنبال خواهد داشت (Habibi *et al.*, 2014). نتایج تحقیقی حاکی از آن بود در بین روش‌های تغذیه‌ای یونجه، بیشترین غلظت فسفر در غلاف به میزان ۰/۴۷ درصد و بیشترین ذخیره بذر به مقدار ۸۳۸ غلاف در مترمربع با کاربرد باکتری تثبت‌کننده نتیروژن + باکتری تسهیل‌کننده جذب فسفر به‌دست آمد که نشان‌دهنده برتری این روش جهت تولید بذر در شرایط اجرای آزمایش بود (Shabani, *et al.*, 2014).

علاوه بر فسفر، عناصر ریزمغذی نقش مهمی در افزایش عملکرد کمی و کیفی یونجه دارند. در ایران کمبود عناصر کم مصرف به‌خصوص روی، منگنز و بور در مزارع و باغات به دلیل آهکی بودن خاک‌ها، پایین بودن مواد آلی خاک، حلالیت کم این عناصر در خاک‌های آهکی، وجود یون‌های کربنات و بی‌کربنات در آب آبیاری و مصرف بالای فسفر عمومیت دارد (Malakouti *et al.*, 2001). تعدادی از محققان در بررسی‌های خود نشان دادند که کاربرد عناصر ریزمغذی از قبیل: مس، آهن، روی و منگنز اثر معنی‌داری بر میزان بذر تولیدی یونجه داشت (Brown and Gibson, 2000). آزمایشی نشان داد که کاربرد عناصر میکرو با روش تزریق در خاک می‌تواند تأثیر به‌سزایی در کیفیت بذر تولیدی یونجه داشته باشد (Hanson and Barnes, 1988). طی تحقیقی اثر مصرف ریزمغذی‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد بذر یونجه مورد بررسی قرار گرفت. طی دو سال آزمایش مشخص شد که کمبود بور و مولیبدن نسبت به سایر ریزمغذی‌ها در تولید دانه شرایط بحرانی‌تری ایجاد نمود. مصرف مولیبدن بر عملکرد دانه را به‌ترتیب ۲۷ تا ۴۷ درصد و ۲۲ تا ۳۵ درصد افزایش داد. مصرف سایر ریزمغذی‌ها تغییری در عملکرد تولید بذر نداشتند (Du *et al.*, 2009). طبق نتایج پژوهشی اضافه کردن عناصر کم مصرف به خاک در زراعت یونجه با میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار با توجه به میزان مصرف عناصر پرمصرف نتوانست افزایش معنی‌داری در عملکرد و میزان پروتئین محصول یونجه ایجاد نماید (Mehnatkesh, 2005). در آزمایشی به بررسی اثر مصرف باکتری *Ensifer meliloti* و مصرف کود فسفر در شرایط خشکی بر عملکرد یونجه پرداخته شد. نتایج نشان داد که برای کاهش مصرف کودهای نیتروژن و افزایش عملکرد یونجه، مصرف ۳۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک و مایه‌زنی باکتری *E. meliloti* می‌تواند در شرایط با و بدون تنش کمبود آب توصیه شود (Markarian *et al.*, 2016).

تأمین فسفر و عناصر ریز مغذی خاک به‌منظور ایجاد تعادل در عناصر غذایی خاک نقش مهمی در بهبود کمی و کیفی محصول داشته و ضروری است که در رابطه با گیاه یونجه نیز تحقیقات جامع صورت پذیرد. هدف از تحقیق حاضر، بررسی اثر مصرف مقادیر مختلف کود فسفر و عناصر ریزمغذی بر عملکرد علوفه و خصوصیات کمی و کیفی بذر یونجه بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مطالعه اثر مصرف عنصر فسفر و عناصر ریزمغذی بر خصوصیات کمی و کیفی بذر و علوفه یونجه، آزمایشی به‌مدت ۳ سال (۱۳۹۳–۱۳۹۰) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گلپایگان اجرا شد. شهر گلپایگان در ۲۰۰ کیلومتری شمال غربی اصفهان قرار دارد و ارتفاع از سطح دریا در آن ۱۸۱۸ متر می‌باشد. شهرستان گلپایگان دارای زمستان‌های نسبتاً سرد با حداقل دمای ۲۱ - درجه سانتی‌گراد و تابستان‌های گرم و خشک است که حداکثر دمای آن تا ۳۷/۵ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. بارندگی غالباً در زمستان و میزان آن حدود ۳۰۰ میلی‌متر در سال است.

این پژوهش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار، تاثیر شش سطح کودی فسفر و عناصر ریزمغذی بر عملکرد بذر و علوفه تولیدی دو اکوتیپ یونجه مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش، کرت اصلی در دو سطح شامل یونجه اکوتیپ رهنانی (V1) و یونجه اکوتیپ همدانی (V2) و کرت فرعی (تیمار فرعی) در ۶ سطح به‌صورت تیمارهای مرکب فسفر و ریزمغذی در نظر گرفته شد. تیمارهای کرت فرعی شامل فسفر (P_2O_5) در سه سطح صفر (P0)، ۶۵ (P65) و ۱۲۰ (P120) کیلوگرم در هکتار و عناصر ریز مغذی در دو سطح عدم مصرف (R0) و مصرف ریزمغذی به‌صورت محلول‌پاشی(R1) بودند. فسفر به فرم سوپرفسفات تریپل در سال اول هنگام کاشت با کاربرد خاکی و در سال‌های بعد نیز در بین ردیف‌های کاشت با جای‌گذاری در عمق ۵ سانتی‌متری خاک مصرف شد. عناصر ریزمغذی به‌صورت ترکیب سولفات‌های این عناصر (روی، آهن، مس و منگنز) استفاده گردید. فرم قابل مصرف هر کدام از این عناصر با غلظت ۳ در هزار در آب حل شده که در مجموع محلولی با غلظت ۱۲ در هزار به‌دست آمد و به‌صورت محلول‌پاشی برای هر چین قبل از گلدهی استفاده شد. در زمان آماده‌سازی زمین بعد از شخم از افق‌های سطحی و زیرسطحی تا عمق ۶۰ سانتی‌متری نمونه خاک تهیه و جهت اندازه‌گیری و تعیین پاره‌ای از خصوصیات خاک از جمله مقادیر نیتروژن (N)، روی (Zn)، آهن (Fe)، مس (Cu)، پتاسیم (K)، منگنز (Mn) و فسفر (P) نمونه‌برداری گردید. همچنین درصد کربنات کلسیم، درصد کربن آلی، EC و بافت خاک نیز در نمونه‌های خاک اندازه‌گیری شد. نتایج این اندازه‌گیری‌ها در جداول ۱ و ۲ نشان داده شده است. حد بحرانی فسفر برای یونجه در منطقه مورد آزمایش اندازه‌گیری نشده اما مقدار آن در سایر نقاط کشور تا ۲۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است (Hashemi Majd *et al.*, 2009). کود نیتروژن به میزان ۲۵ کیلوگرم در هکتار به‌عنوان استارتر و کود پتاسیم به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار هر دو در ابتدای سال اول با توجه به آزمون خاک، قبل از کاشت مصرف شد. کاشت به‌صورت خطی با فاصله خطوط ۱۵ سانتی‌متر و تراکم ۱۵ کیلوگرم بذر در هکتار، در تاریخ ۲۰ شهریور انجام شد. به این ترتیب در هر کرت اصلی ۳۶ خط یونجه به طول ۵ متر کاشته شد که هر ۶ خط، مربوط به یک تیمار فرعی (کودی) بوده و بر این اساس ابعاد تقریبی هر کرت فرعی ۱ در ۵ متر به‌دست آمد. میزان بذر مصرفی در واحد سطح با هدف تولید بذر تعیین گردید و لذا کمتر از میزان بذر مصرفی برای مزارع تولید علوفه بود. به منظور آبیاری کرت‌های آزمایشی، میزان خالص ارتفاع آب آبیاری طی فصل رشد (میلی‌متر) برای رژیم رطوبتی شهرستان گلپایگان به‌دست آمد (Alizadeh and Kamali, 2007). سپس با در نظر گرفتن سطح کرت‌ها حجم آب محاسبه شده و به‌وسیله کنتور حجمی ۲ اینچی به زمین مورد کشت اختصاص یافت.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of the soil experimental site

نیتروژن کل Total N (%)	OC (%)	مواد خنثی شونده Neutralizing material (%)	pH	EC*10^3 ($dS.m^{-1}$)	بافت خاک Soil texture	عمق خاک Soil depth (cm)
0.036	0.36	25.25	7.8	0.47	Loam	0-30
0.036	0.36	25.75	7.8	0.58	Loam	30-60

جدول ۲- مقدار عناصر خاک محل آزمایش

Table 2- The amount of soil elements of the farm experimental site

$Mg.kg^{-1}$						عمق خاک Soil depth (cm)
Fe	Zn	Cu	Mn	K	P	
7	0.88	0.96	13	219	29.4	0-30
6.2	1.04	1.08	9.4	220	20.6	30-60

صفاتی شامل وزن علوفه تر، وزن علوفه خشک، میزان بذر تولیدی، وزن هزار دانه و درصد جوانه‌زنی بذر اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری میزان علوفه و بذر، دو خط حاشیه در نظر گرفته شد و چهار خط وسط به طول چهار متر برداشت شد. برای تعیین درصد ماده

خشک و در پی آن عملکرد علوفه خشک، یک نمونه یک کیلوگرمی یونجه تر توزین و سپس در آون در دمای ۶۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شده و درصد ماده خشک و عملکرد علوفه خشک محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری میزان بذر تولیدی، پس از برداشت چهار خط از هر کرت آزمایشی، عملیات جداسازی بذر از علوفه و غلاف انجام و مقدار متوسط وزن بذر استحصالی در هر تیمار ثبت گردید. در سال اول تعداد دو چین برای علوفه و یک چین برای تولید بذر، در سال دوم، سه چین برای علوفه و یک چین برای تولید بذر و در سال سوم تعداد سه چین برای تولید علوفه و یک چین به تولید بذر اختصاص داده شد. در همه سال‌ها در چین دوم عملیات بذرگیری انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن هزار دانه توسط بذر شمار، ۵ نمونه ۱۰۰۰ تایی بذر شمارش شده و پس از توزین توسط ترازوی الکترونیکی و تعیین میانگین، وزن هزار دانه در هر تیمار مشخص شد. در برآورد درصد جوانه‌زنی بذرها در هر تیمار، تعداد ۵ نمونه ۱۰۰ تایی بذر سالم و خالص جدا شده و در آزمایشگاه بذر بر اساس استانداردهای ISTA (Anonymous, 1985) درصد جوانه‌زنی تعیین گردید.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس عملکرد سه ساله علوفه تر و خشک در جدول شماره ۳ ارائه شده است. طبق نتایج جدول تجزیه واریانس، تاثیر سال، زمان برداشت یونجه (چین‌ها) و اثر تیمارهای کودی بر روی میزان علوفه تر و خشک تولیدی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. بین اکوتیپ‌های یونجه رهنانی و همدانی از نظر عملکرد علوفه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۳). مقایسه میانگین‌های عملکرد علوفه تر و خشک طی سه سال آزمایش نشان داد که حداکثر عملکرد به میزان ۴۵/۸۷ و ۱۰/۵۶ تن در هکتار علوفه تر و خشک مربوط به سال دوم بود. سال سوم به‌ترتیب با عملکرد ۴۰/۱۴ و ۹/۹۶ تن در هکتار علوفه تر و خشک و سال اول با عملکرد ۱۹/۲۶ و ۴/۹۲ تن در هکتار علوفه تر و خشک در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (جدول ۴). به‌صورت مشابه با علوفه تر، حداکثر عملکرد علوفه خشک در سال دوم به‌دست آمد که از نظر آماری بیشتر از دو سال دیگر بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد در سال اول، مراحل استقرار گیاه همچنان ادامه داشته و عملکرد چندانی حاصل نشد. در سال دوم، استقرار کامل یونجه در خاک، گسترش ریشه و افزایش فعالیت بیولوژیکی گیاه منجر به افزایش قابل توجه عملکرد شده است. در سال سوم به دلیل تغییرات شرایط محیطی مانند دما کاهش نسبی عملکرد اتفاق افتاد. مطالعه مشابهی نشان داد که طی یک آزمایش ۵ ساله بر روی ارقام یونجه و سطوح کود فسفات آمونیم، عملکرد یونجه در مجموع در سال دوم بیشتر از سال‌های دیگر بود (Nabiei, 2001). براساس نتایج جدول مقایسه میانگین‌ها میزان عملکرد علوفه تر و خشک به‌ترتیب با مقادیر ۴۰/۵ و ۹/۹ تن در هکتار در چین دوم حداکثر بود (جدول ۴). چین‌های اول و سوم بدون اختلاف معنی‌دار در رتبه بعدی قرار گرفتند. در چین دوم به علت وجود شرایط بهینه محیطی و تکمیل رشد رویشی گیاه، عملکرد یونجه نسبت به دو چین دیگر افزایش نشان داد. در مطالعه دیگری بر روی تاثیر ارقام و چین‌های مختلف یونجه مشخص گردید که چین اول از نظر عملکرد علوفه، مجموع ماده خشک، پروتئین و فیبر تولیدی در هر هکتار و درصد پروتئین علوفه نسبت به سایر چین‌ها برتری داشت (Moeinizadeh *et al.*, 2017). این نتیجه تاثیر شرایط محیطی بر عملکرد یونجه را نشان می‌دهد.

مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاربرد حداکثری مقدار کود فسفر (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) بیشترین عملکرد تولید علوفه را به همراه داشت به‌طوری که حداکثر علوفه تولیدی تر به میزان ۴۵/۴۲ تن در هکتار در تیمار مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر (P_2O_5) همراه با محلول‌پاشی ریز مغذی‌ها (P120-R1) به‌دست آمد (جدول ۴). تیمار مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر بدون مصرف ریز مغذی‌ها (P120-R0) با تولید ۳۷/۹۸ تن در هکتار علوفه تر در رده بعدی و به‌صورت معنی‌دار بیشتر از سایر تیمارها قرار گرفت. این نتیجه نقش مهم تأمین عناصر مغذی در حفظ فعالیت عادی فیزیولوژی گیاهی، رشد ریشه و اندام‌های هوایی گیاه و افزایش عملکرد محصول را نشان می‌دهد که سایر محققان نیز به آن اشاره کرده‌اند (Bai,1992; Baligar and Fageria, 2005). همان‌گونه که در جدول ۲ ارائه گردید، مقدار فسفر موجود در خاک مورد آزمایش به میزان ۲۹/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم در عمق ۳۰-۰ گزارش شده است. اگر چه این میزان فسفر جزء مقادیر بالا محسوب می‌شود، اما با توجه به عدم تعیین حد بحرانی فسفر برای یونجه در منطقه مورد مطالعه و نیز عکس‌العمل مثبت محصول نسبت به مقادیر بالای مصرف فسفر، به نظر می‌رسد حد بحرانی فسفر برای یونجه در منطقه مورد آزمایش، بیشتر از ۲۹/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک باشد.

طبق نتایج، کاربرد ریزمغذی‌ها نتیجه افزایشی و معنی‌دار در عملکرد علوفه تر و خشک بر جا گذاشت به‌طوری که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی در سه وضعیت بدون مصرف کود فسفر، استفاده از ۱۲۰ کیلوگرم کود فسفر و استفاده از ۶۵ کیلوگرم کود فسفر، به‌ترتیب موجب افزایش ۹/۷ درصد، ۱۹/۵۹ درصد و ۱۱/۷۳ درصد در عملکرد علوفه تر و ۱۲/۵ درصد، ۲۰/۹۸ درصد و ۹/۸۳ درصد در عملکرد علوفه خشک گردید. بررسی های انجام شده تاکنون نشان داده است که فقدان یا کمبود عناصر کم مصرف در خاک موجب محدودیت رشد گیاه و کاهش عملکرد محصول زراعی می‌گردد. از طرفی با عنایت به

این‌که خاک‌های ایران عمدتاً آهکی بوده و در شرایط آهکی، اغلب ترکیبات معدنی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در خاک به علت حلالیت کم، به‌خوبی جذب گیاه نمی‌شوند، این عامل تشدیدکننده کمبود بعضی عناصر (به‌ویژه عناصر کم‌مصرف) بوده و در نهایت باعث کاهش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود (Mehnatkesh, 2005). بنابراین مصرف عناصر ریزمغذی در این خاک‌ها موجب افزایش عملکرد محصول خواهد شد. سایر محققان نیز اثر افزایشی کاربرد ریزمغذی‌ها بر عملکرد یونجه را نشان داده‌اند (Mullen *et al.*, 2000; Berg *et al.*, 2005; Moyer 1992).

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد سه ساله علوفه تر و خشک یونجه در اکوتیپ‌های مورد مطالعه

Table 3- Analysis of variance for three-year yield of alfalfa fresh and dry forage in under studied ecotypes

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات M.S علوفه تر Fresh forage	علوفه خشک Dry forage
سال Year	2	2356.72**	114.32**
تکرار × سال Year × Replication	6	30.07^ns	2.12^ns
چین Cutting	2	269.63**	18.05**
چین × سال Year × Cutting	4	52.49^ns	3.60^ns
خطای الف Error (a)	12	23.85	1.83
رقم Cultivar	1	3.29^ns	0.010^ns
رقم × سال Year × Cultivar	2	5.36^ns	0.300^ns
رقم ×چین Cutting × Cultivar	2	3.13^ns	0.739^ns
رقم× چین × سال Year × Cutting × Cultivar	4	1.507^ns	0.389^ns
خطای ب Error (b)	18	1.89	0.23
کود Fertilizer	5	209.158**	12.63**
کود× سال Year × Fertilizer	10	3.52^ns	0.32^ns
چین× کود Fertilizer × Cutting	10	4.85^ns	0.362^ns
کود× چین× سال Year × Cutting × Fertilizer	20	5.36^ns	0.354^ns
رقم× کود Fertilizer × Cultivar	5	3.579^ns	0.244^ns
کود × رقم ×سال Year × Cultivar × Fertilizer	10	1.13^ns	0.119^ns
کود × رقم ×چین Cutting × Cultivar × Fertilizer	10	2.020^ns	0.159^ns
کود× رقم× چین× سال Year ×Cutting × Cultivar × Fertilizer	20	1.49^ns	0.116^ns
خطا Error	180	3.65	0.224
C.V%		21.6	23.1

** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۱٪ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

**and ns means significant at level of 1% and no significant respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر اصلی تیمارهای مختلف بر علوفه تولیدی تر و خشک
Table 4- Mean comparison of different treatments on fresh and dry forage production

		علوفه تولیدی Forage production (ton ha^{-1})	
		علوفه تر Fresh forage	علوفه خشک Dry forage
سال Year	2012	19.26c	4.92c
	2013	45.78a	10.56a
	2014	40.14b	9.96b
چین Cutting	اول First	31.64b	7.65b
	دوم Second	40.50a	9.90a
	سوم Third	33.15b	7.99b
تیمارهای کودی Fertilizing treatments	P0-R0(Check)	29.34e	7.20d
	P0-R1	32.19d	8.10c
	P120-R0	37.98b	9.15b
	P120-R1	45.42a	11.07a
	P65-R0	30.93de	7.32d
	P65-R1	34.56c	8.04c
رقم Cultivar	رهنانی Rehnani	34.77a	8.49a
	همدانی Hamedani	35.4a	8.46a

در هر ستون و برای هر عامل، اعداد با یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری (در سطح ۵٪) بر اساس آزمون دانکن ندارند.

In each group and each factor, means followed by the same letters in each column are not significantly different (in level 5%) by Duncan's test.

P0: بدون کود فسفر، P65: ۶۵ کیلوگرم در هکتار فسفر، P120: ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر، R0: عدم مصرف ریزمغذی و R1: مصرف ریز مغذی

P0: no phosphorus, P65: 65 kg.ha^{-1} phosphorus, P120: 120 kg.ha^{-1} phosphorus, R0: no micronutrient and R1: with micronutrient.

تحقیق دیگری نشان داد که استفاده از ریزمغذی‌ها موجب افزایش ۱۰ درصدی عملکرد یونجه گردید (Mehnatkesh, 2005). مقایسه میانگین عملکردها نشان داد که از نظر میران علوفه تولیدی هر دو اکوتیپ رهنانی و همدانی به‌ترتیب با ۳۴/۷۷ و ۳۵/۴۰ تن در هکتار علوفه تر و تولید ۲۵/۴۷ و ۲۵/۳۸ تن در هکتار علوفه خشک، بدون اختلاف معنی‌دار در یک گروه قرار دارند (جدول ۴). این نتیجه نشان می‌دهد که در کل، دو اکوتیپ یونجه نسبت به تغییرات سال، چین‌برداری و مقادیر فسفر مصرفی و عناصر ریزمغذی واکنش یکسانی نشان داده‌اند. طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) اثر سال بر روی میزان بذر تولیدی و وزن هزار دانه و تیمارهای کودی بر میزان بذر تولیدی و درصد جوانه‌زنی بذر در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین بذر تولیدی به میزان ۵۴۶/۶۹ و ۵۳۵/۰۵ کیلوگرم در هکتار و بدون اختلاف معنی‌دار به‌ترتیب مربوط به سال‌های دوم و سوم بود (جدول ۶). همچنین وزن هزار دانه به مقدار ۲/۸۷ گرم در سال دوم بیشتر از دو سال دیگر آزمایش‌ها به‌دست آمد. اندازه‌گیری درصد جوانه‌زنی در هر سال نشان داد که اثر سال بر آن معنی‌دار نبود (جدول ۶). به نظر می‌رسد با توجه به عدم استقرار کامل گیاه در سال اول، عملکرد بذر و وزن هزار دانه نسبت به سال‌های بعدی کمتر بوده است. همچنین علت تفاوت وزن هزار دانه و عدم تغییر عملکرد بذر در دو سال بعد را می‌توان به اثر شرایط محیطی بر این دو دانست. سایر محققان نیز بیان داشتند که به دلیل شدت تاثیر عوامل محیطی بر رشد و نمو و اجزای عملکرد گیاه، عملکرد و خصوصیات دانه یونجه در شرایط مختلف محیطی می‌تواند متفاوت باشد (Bolanos *et al*., 2000).

بررسی مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن بود که تیمار کودی مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر همراه با محلول‌پاشی ریز مغذی‌ها (P120-R1) با عملکرد بالایی در تولید بذر نسبت به سایر تیمارها برتری داشت و بذر تولیدی نسبت به تیمار شاهد به میزان ۱۰۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۶). از نظر میزان بذر تولیدی تیمار مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر بدون کاربرد ریز مغذی‌ها (P120-R0) در جایگاه بعدی قرار گرفت. درصد جوانه‌زنی بذور نیز در تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به همراه مصرف ریزمغذی به‌صورت محلول‌پاشی (P120-R1) برتری خود را نشان داد و مقدار آن (۹۵/۱۲ درصد) به‌صورت معنی‌دار بیشتر از سایر تیمارها قرار گرفت (جدول ۶). این نتایج نشان می‌دهد که کاربرد بیشترین مقدار کود فسفر (۱۲۰کیلوگرم در هکتار) به همراه استفاده از کودهای ریزمغذی

بیشترین تولید بذر را نسبت به سایر تیمارها داشت. نقش عناصر ریزمغذی در بهبود عملکرد بذر یونجه و افزایش درصد جوانه‌زنی بذر به اثبات رسیده است به‌گونه‌ای که مطالعات مشابه حاکی از افزایش تولید بذر یونجه در استفاده از کودهای فسفر و ریزمغذی بود (Al-Kahtani *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2014). در تحقیقی اثر مصرف عناصر ریزمغذی بور، منگنز، مولیبدن، مس، آهن و روی بر درصد جوانه‌زنی و عملکرد بذر یونجه بررسی شد. نتایج نشان داد که از میان عناصر یاد شده تنها مولیبدن و بور موجب افزایش درصد جوانه‌زنی و عملکرد بذر گردید. با این وجود مصرف عناصر ریزمغذی دیگر موجب بهبود اجزای عملکرد بذر شامل تعداد شاخه در واحد سطح، تعداد شاخه‌های بارور و تعداد بذر درون غلاف‌ها شد (Du *et al.*, 2009).

اثر اکوتیپ یونجه بر روی درصد جوانه‌زنی بذر از نظر آماری معنی‌دار نشد و میانگین‌های آن‌ها به‌ترتیب برای اکوتیپ رهنانی و همدانی ۹۱/۵۹ درصد و ۹۰/۹۷ به‌دست آمد. همچنین اثر اکوتیپ بر روی میزان بذر تولیدی و وزن هزار دانه معنی‌دار نشد (جدول۶)، به‌طوری‌که اکوتیپ‌های همدانی و رهنانی به‌ترتیب با متوسط تولید بذر ۴۹۷ و ۴۸۷ کیلوگرم در هکتار در سال و وزن هزار دانه ۲/۸۲ و ۲/۸۱ گرم در یک گروه قرار گرفتند. به‌جز شرایط محیطی، عواملی مانند خصوصیات ژنتیکی و تکنیک‌های زراعی نیز بر روی فیزیولوژی تولید مثل گیاه و در نتیجه بر عملکرد و اجزای عملکرد بذر یونجه موثر واقع می‌شوند (Sengul, 2006). با این وجود، تغییرات وزن هزار دانه، عملکرد بذر و درصد جوانه‌زنی دو رقم یونجه همدانی و رهنانی در برابر تیمارهای مختلف یکسان بوده است.

جدول۵- تجزیه واریانس سه ساله بذر تولیدی، قوه نامیه و وزن هزار دانه یونجه در اکوتیپ‌های مورد مطالعه

Table 5- Analysis variance of three-year of alfalfa seed production, seed vigor and 1000-seed weight in under studied ecotypes

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات M.S		
		بذر تولیدی Seed yield	درصد جوانه‌زنی Seed germination	وزن هزار دانه 1000-grain weight
سال Year	2	255407.69**	4.55^{ns}	0.119**
تکرار × سال Year × Replication	6	9514.32^{ns}	11.67^{ns}	0.007^{ns}
رقم Cultivar	1	3104.08^{ns}	10.32^{ns}	0.00001^{ns}
رقم × سال Year × Cultivar	2	17833.52^{ns}	22.25^{ns}	0.010^{ns}
خطای الف Error (a)	6	14255.1	20.42	0.011
کود Fertilizer	5	257532.50**	92.62**	0.17 ^{ns}
کود × سال Year × Fertilizer	10	4425.3 ^{ns}	4.23 ^{ns}	0.018 ^{ns}
رقم× کود Fertilizer × Cultivar	5	7873.08^{ns}	5.30^{ns}	0.005^{ns}
کود × واریته ×سال Year × Cultivar × Fertilizer	10	5594.66^{ns}	5.30^{ns}	0.012^{ns}
خطا Error	60	9210.4	5.75	0.22
C.V%		12.3	3.5	4.6

** و ns به‌ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۱٪ و غیر معنی‌دار می‌باشد.

** and ns means significant at level of 1% and no significant respectively.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق سه ساله، بررسی مصرف عناصر فسفر و ریزمغذی‌ها بر عملکرد علوفه تر و خشک و نیز برخی خصوصیات کمی و کیفی بذر تولیدی دو اکوتیپ یونجه نشان داد که دو اکوتیپ یونجه همدانی و رهنانی به‌ترتیب با میانگین سه ساله تولید ۳۵/۴۰ و ۳۴/۷۷ تن در هکتار علوفه و ۴۹۸ و ۴۸۷ کیلوگرم در هکتار بذر، تحت تیمارهای مختلف مصرف کود تفاوت معنی‌داری نداشتند. طبق همین نتایج، حداکثر عملکرد علوفه تر و خشک، میزان بذر تولیدی و وزن هزار دانه در سال دوم اتفاق افتاد. طبق نتایج، بیشترین مقدار علوفه تر تولیدی، بیشترین میزان بذر تولیدی و بیشترین درصد جوانه‌زنی بذر به‌ترتیب با مقادیر ۴۵/۴۲ تن در هکتار، ۶۸۹ کیلوگرم در

هکتار و ۹۵/۱۲ درصد، در حالت کودپاشی با ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر، همراه با محلول‌پاشی با عناصر ریزمغذی به‌دست آمد. در حالی که حداقل این مقادیر به‌ترتیب با ۲۹/۳۴ تن در هکتار، ۳۳۶/۲۷ کیلوگرم در هکتار و ۸۸/۹۵ درصد در حالت عدم استفاده از کود فسفر و عدم محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی مشاهده شد.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر بذرتولیدی، وزن هزار دانه و قوه نامیه

Table 6- Mean comparison of different treatments on seed yield, 1000-grain weight and seed vigor

		بذر تولیدی **Seed yield ($kg.ha^{-1}$)**	وزن هزار دانه **1000-grain weight (g)**	جوانه‌زنی بذر **Seed germination (%)**
سال Year	2012	395.33b	2.76b	91.26a
	2013	546.69a	2.87a	91.64a
	2014	535.05a	2.81b	90.93a
تیمارهای کودی Fertilizing treatments	P0-R0 (Check)	336.27e	2.75a	88.95c
	P0-R1	41d	2.79a	90.52bc
	P120-R0	536.05b	2.87a	92.54b
	P120-R1	689.11a	2.98a	95.12a
	P65-R0	459.61cd	2.73a	89.46c
	P65-R1	512.11bc	2.77a	91.06bc
رقم Cultivar	رهنانی Rehnani	487a	2.82a	91.59a
	همدانی Hamedani	498a	2.819a	90.97a

در هر گروه و برای هر عامل اعداد با یک حرف مشترک در هر ستون اختلاف معنی‌داری (در سطح ۵٪) بر اساس آزمون دانکن ندارند.

In each group and each factor, means followed by the same letters in each column are not significantly different (in level 5%) by Duncan's test.

P0: بدون کود فسفر، P65: ۶۵ کیلوگرم در هکتار فسفر، P120: ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار فسفر، R0: عدم مصرف ریزمغذی و R1: مصرف ریز مغذی

P0: no phosphorus, P65: 65 $kg.ha^{-1}$ phosphorus, P120: 120 $kg.ha^{-1}$ phosphorus, R0: no micronutrient and R1: with micronutrient.

References

1. Alizadeh, A., and Kamali, G. H. 2007. Water requirement of plants in Iran. Imam Reza University Press. First Printing P: 223.
2. Al-Kahtani, S. N., El-Kazafy, A. T., and Al-Abdulsalam, M. 2017. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed yield in relation to phosphorus fertilization and honeybee pollination. Saudi Journal of Biological Sciences 24: 1051-1055.
3. Anonymous. 1985. International Rules, for Seed Testing. Seed Science and Technology 13 (2): 299-513.
4. Bai, B. Z. 1992. Plant physiology. Beijing: China Agricultural Press P: 183.
5. Baligar, V. C., and Fageria, N. K. 2005. Soil aluminum effects on growth and nutrition of Cacao. Soil Science and Plant Nutrition 51: 709-713.
6. Berg, W. K., Cunningham, S. M., Brouder, S. M., Joern, B. C., Johnson, K. D., Santini, J., and Volenec, J. J. 2005. Influence of phosphorus and potassium on alfalfa yield and yield components. Crop Science Abstract – Forage and Grazing Lands 45 (1): 297-304.
7. Bolanos-Aguilar, E. D., Huyghe, C., Julier, B., and Ecalle, C. 2000. Genetic variation for seed yield and its components in alfalfa (*Medicago sativa* L.) Populations. Agronomy 20 (3): 335-345.
8. Brown, B., and Gibson, R. 2000. Nutrient availability for alfalfa seed production. Project No. BJK-214. Brad Brown, Parma Research and Extension Center, 29603 U of I Lane, Parma, Idaho 83660.
9. Davis, J. G., Smithand, D. H., and Croissant, R. L. 2005. Fertilizing alfalfa and grasses. Colorado State University, Cooperative Extension 3/96.
10. Dordas, C. H. 2006. Foliar boron application improves seed set, seed yield and seed quality of alfalfa. Agronomy Journal 98 (4): 907-913.
11. Du, W. H., Tian, X. H., Cao, Z. Z., and Humphries, A. 2009. Effects of micronutrients on seed yield and yield components of alfalfa. Journal of Plant Nutrition 32 (5): 809-820.
12. Habibi, H., Aghighi Shahverdi, M., Nasiri, Z., Chaichi, M. R., and Fotokian, M. H. 2015. Effect of seed rate and efficiency of PGPR on quality of alfalfa (*Medicago sativa* L.) seed, using standard germination and accelerated. Iranian Journal of Seed Research 1 (2): 1-17. (in Persian with English abstract)
13. Hall, M. H., Jennings, J. A., and Shewmaker, G. E. 2004. Alfalfa establishment guide. Available at http://www.plantmanagementnetwork.org/sub/fg/management/2004/alfalfa/Hall.pdf (verified 24 Apr. 2008. Forage and Grazinglands. DOI:10.1094/FG-2004-0723-01-MG.

14. Hashemi Majd, K., Mohammadi Farani, T., Homaporgurabajiri, M., Yaghoubi, A., Kuckakpur, Sh., Komaklaei, F., and Abdollahi, J. 2009. Determination of critical phosphorus limit for alfalfa in Ardabil area soils. 11th Iranian Soil Science Congress, Gorgan, University of Gorgan. (in Persian).
15. Malakouti, M. J., Nafisi, M., and Motshrazadeh, B. 2001. National determination to produce fertilizer inside the country is a valuable step toward self-sufficiency and access to sustainable agriculture. Agricultural Research and Education Organization. Soil and Water Research Institute. Agriculture Education Publication. Tehran, Iran. P: 300. (in Persian).
16. Malakouti, M. J., Tabatabai, J., and Kasafi, M. 2005. New methods for timely supply of nutrients in plants. Department of Horticulture, Ministry of Jihad-e-Agriculture. Tehran, Iran. (in Persian).
17. Markarian, Sh., Najafi, N., Asgharzadeh, N. A., and Avesta, Sh. 2016. Interactive effects of Ensifer Meliloti (*Sinorhizobium meliloti*) and phosphorus on some growth characteristics of alfalfa under soil water deficit conditions. Journal of Soil Biology 3 (2): 163-177. (in Persian with English abstract).
18. Mehnatkesh, A. 2005. Effect of soil nutrient utilization on nutrient yield and quality characteristics of alfalfa. 9th Soil Science Congress of Iran. Soil Conservation and Watershed Management Research Center, Tehran. (in Persian).
19. Moeinizadeh, M., Piri, E., Tavasoli, A., and Shojaei, S. 2017. Study of quantitative and qualitative forage yield of alfalfa cultivars (*Medicago sativa* L.) in different harvest in Khash region. Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology 3 (2): 127-140. (in Persian with English abstract).
20. Moyer, J. R. 1992. Alfalfa yields in establishment and subsequent years after herbicide and phosphorus application during establishment. Canadian Journal of Plant Science 72 (2): 619-625.
21. Mullen, R. W., Johnson, G. V., Stritzke, J. F., Caddel, J. L., Phillips, S. B., and Raun, W. R. 2000. Alfalfa yield response to method and rate of applied phosphorus. Better Crops 84 (3): 18-23.
22. Nabiei, M. Gh. 2001. Effect of phosphate on forage yield of different alfalfa cultivars in rain fed condition. Iranian Journal of Rangeland and Desert Research 8 (4): 25-34. (in Persian with English abstract).
23. Ottman, M. 2010. Alfalfa nutrient requirements, deficiency symptoms and fertilizer application. 2010 California Alfalfa & Forage Symposium, Visalia Convention Center. Visalia, CA.
24. Sengul, S. 2006. Using path analysis to determine lucerne (*Medicago sativa* L.) seed yield and its components. New Zealand Journal of Agricultural Research 49 (1): 107-115.
25. Shabani, G., Chaichi, M. R., Ardakani, M. R., Khavazi, K., and Friedel, J. 2014. The effect of different fertilizing systems on seed yield and phosphorous absorption in annual medic var. Robinson. Applied Field Crops Research 27 (104): 87-95. (in Persian with English abstract).
26. Torabi, M. 2001. Investigating and determining the most suitable seed rats and cutting time before seeding of alfalfa. Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO). Final Report No. 806/79. (in Persian).
27. Zhang, T., Kang, J., Zhao, Z., Guo, W., and Yang, Q. 2014. Frequency, depth and rate of phosphorus fertilizer application effects on alfalfa seed yields. Canadian Journal of Plant Science 94 (7): 1149-1156.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 18, No. 1, Spring. 2020, p. 61-70

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹، ص. ۷۰-۶۱

Investigating the Application of Phosphorus and Spraying of Micronutrients on Forage and Seed Yield in Alfalfa Ecotypes

M. Torabi[1], M. Heidarisoltanabadi[2*]

Received: 17-12-2018
Accepted: 14-12-2019

Introduction

Alfalfa (*Medicago sativa* L.) is known as the most valuable forage in the world due to its resistance to drought, the high quality of forage and high adaptability, high shelf life and high protein. Desirable nutrition of alfalfa is one of the key factors in the quantity and quality of seed and forage production. In alfalfa production, optimum nutrition is one of the key factors in the growth and development of the product and has a direct effect on the yield of forage and seed. The provision of phosphorus and micronutrient elements of soil in order to balance the nutrients of soil plays an important role in quantitative and qualitative improvement of the product, and it is necessary to carry out a comprehensive research on alfalfa. The purpose of this study was to investigate the effect of different levels of phosphorus and micronutrient fertilizer on quantitative and qualitative yield of alfalfa seed and forage.

Material and Methods

In a three-year research (2011-2014), the effects of using phosphorus and micronutrients including iron, manganese, copper and zinc on quantitative and qualitative characteristics of seeds and forage production of alfalfa were studied at Golpayegan Research Station Isfahan province. For this purpose, using a split- plot experiment based on a randomized complete block design with three replications, the effect of two alfalfa ecotypes (as the main plot) and 6 levels of phosphorus and micronutrient fertilization (as a sub-plot) on the yield of seed and forage production was investigated. The main plots were consisted of alfalfa Hamedani (V1) and Rehnani (V2) and sub plots (sub-treatment) were included phosphorus (P_2O_5) at three levels: zero (P0), 65 (P65) and 120 (P120) kg.ha^{-1}, and micronutrient elements in two levels of no applied (R0) and micronutrient application as spraying (R1). Parameters were measured, including forage weight, dry forage weight, seed yield, 1000 seed weight and seed vigor percentage. In the first year, there were two cutting for forage and one for seed production, in the second year there were three cutting for forage and one for seed production, and in the third year there were three cutting for forage production and one for seed production.

Results and Discussion

The results showed that there was no significant difference in forage production, seed yield, 1000 seed weight, and percentage of seed vigor between two ecotypes of alfalfa, and the average yield of forage and seed in Hamedi and Rehnani ecotypes was 35.40 and 34.77 ton.ha^{-1} and 498 and 487 kg.ha^{-1} respectively. The year had a significant effect on the yield of fresh and dry forage, seed yield and 1000-seed weight. Also, the maximum of these traits were observed in the second year. The effect of the year on vigor seed was not significant. Comparison of means showed that P fertilizer application of 120 kg.ha^{-1} with micronutrient spraying (P120-R1) had the highest seed production and increased of 105% compared to control treatment. The application of 120 kg.ha^{-1} phosphorus without micronutrient application was in the next place. The percentage of seed vigor in the treatment of 120 kg.ha^{-1} P, with the micronutrient application (95.1%) was significantly higher than other treatments.

Conclusions

In this three-year research, the study of the use of phosphorus and micronutrients on fresh and dry forage yield and some quantitative and qualitative characteristics of seed produced in two alfalfa ecotypes was carried out. The results showed that the highest amount of forage production with the amount of 42.45 ton.ha^{-1} and the highest amount of seed produced with the amount of 689 kg.ha^{-1}, belonged to the treatment 120 kg.ha^{-1} phosphorus with micronutrient spraying.

Keywords: Fertilizer, Hamedani ecotype, Rehnani ecotype, Vigor seed, 1000-seed weight

---

1- Assistant Professor, Horticulture Crops Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
2- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Isfahan, Iran
(*- Corresponding Author Email: mheisol@gmail.com)